

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Nové trendy v akumulátorové technice
New trends in battery technology

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Papež**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2602R014 Aplikovaná a komerční elektronika
Téma: **Nové trendy v technice akumulátorů**
New trends in battery technology

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu principů nejčastěji využívaných galvanických článků využívaných v technice akumulátorů.
2. Proveďte rešerši dostupných zahraničních literárních pramenů s cílem získání informací o nových principech a technologiích pro techniku akumulace elektrické energie.
3. Proveďte zhodnocení získaných informací a porovnání nových technologií se současným stavem.

Seznam doporučené odborné literatury:

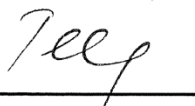
Dle pokynů vedoucího závěrečné práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Petr Chlebiš, CSc.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Tomáš Papež

Datum odevzdání bakalářské práce: 6. 5. 2011

Abstrakt

Tato práce obsahuje shrnutí a zhodnocení dostupných pramenů a informací o aktuálních možnostech, technologiích a principech akumulace elektrické energie v akumulátorové technice.

Účelem této práce bylo nashromáždit veškeré dostupné prameny, informace z oblasti techniky akumulace elektrické energie. Informace o různých typech akumulátorů jsou dopodrobna analyzovány. Tato analýza se týká jak nejčastěji využívaných galvanických článků (akumulátorů), tak i nových principů a technologií pro techniku akumulace elektrické energie. Na základě těchto poznatků bylo provedeno zhodnocení a následné porovnání jejich vlastností a parametrů. Díky tomuto závěrečnému zhodnocení je možné určit nejvhodnější typy akumulátorů pro dané aplikace neboli pro specifické požadavky.

Klíčová slova

Galvanický článek, akumulátor, omezovače, balancéry, elektrolyt, elektrody, katoda, anoda, Spiralcell Technology™, U Charge®, silicid, interkalace, dendrit

Abstract

This work includes summarizes and valuations of available information about actual possibilities, technologies and principles of electric energy accumulation in battery technology.

Purpose of this work was to accumulate all available information from technologic area of battery technology. Information about many different types of batteries was in detail analyzed. This analyze includes the most used galvanic cells (batteries), and then includes new principles and technologies. On bases of this knowledge was realized valuation and comparing of battery characteristics and parameters. Due to this final valuation is possible to define the most suitable types of batteries for specific applications or requirements.

Key words

Galvanic cell, battery, delimiters, balancers, electrolyte, electrodes, catode, anode, Spiralcell Technology™, U Charge®, disilicide, intercalation, dendrite

Seznam použitých symbolů a zkratek

U_e	- jmenovité elektromotorické napětí [V]
R_i	- vnitřní odpor [Ω]
e_m	- měrná energie [Wh/kg]
e_v	- hustota energie [Wh/l]
6s	- 6 článků v sérii
2p	- 2 články paralelně
VRLA	- Valve Regulated Lead Acid batteries - ventilem řízené olověné akumulátory
AGM	- Absorbed Glass Mat - elektrolyt je nasáknut ve skelné vatě mezi elektrodami
CTR	- Carbothermal reduction - uhlíko-termální redukce
Pb	- Olověný akumulátor
NiCd	- Nikl-kadmiový akumulátor
NiMH	- Nikl-metal hydridový akumulátor
NiFe	- Nikl-železný akumulátor
NiZn	- Nikl-zinkový akumulátor
AgZn	- Stříbro-zinkový akumulátor
Li-Ion	- Lithium-iontový akumulátor
Li-Pol	- Lithium-polymerový akumulátor
Li-FePO ₄	- Lithium-železo-fosfátový akumulátor
LiFeMgPO ₄	- Lithium-železo-magnesium-fosfátový akumulátor
Na-S	- Sodíkovo-sírový akumulátor
Li-S	- Lithium sírový akumulátor

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Galvanický článek.....	10
2.1. Struktura galvanického článku.....	10
2.2. Základní parametry galvanických článků.....	10
2.3. Použití galvanických článků.....	11
3. Akumulátor	11
3.1. Princip	11
3.2. Vlastnosti a parametry.....	11
3.3. Využití.....	12
4. Řazení a spojování akumulátorů	12
4.1. Sériové řazení olověných akumulátorů	12
4.2. Paralelní řazení akumulátorů.....	12
4.3. Kombinace sériového a paralelního řazení akumulátorů	13
4.4. Prostředky používané při nabíjení akumulátorových svazků.....	13
4.4.1. Omezovače napětí	13
4.4.2. Balancéry napětí.....	13
5. Stávající akumulátory.....	14
5.1. Olověný akumulátor (Pb).....	14
5.2. Nikl-kadmiový akumulátor (NiCd).....	15
5.3. Nikl-metal hydridový akumulátor (NiMH).....	15
5.4. Nikl-železný akumulátor (NiFe)	16
5.5. Nikl-zinkový akumulátor (NiZn)	17
5.6. Stříbro-zinkový akumulátor	18
5.7. Lithium-iontový akumulátor (Li-ion).....	19
5.8. Lithium-polymerový akumulátor (Li-Pol)	19
5.9. Lithium-železo-fosfátový akumulátor (Li-FeSO ₄ , LFP baterie)	20
5.10. Sodíkovo-sírový akumulátor (NaS).....	21
6. Nové typy a technologie akumulátorů.....	23
6.1. Technologie baterií Optima (Spiralcell Technology™, technologie čistého Pb).....	23
6.2. Budoucnost stříbro zinkových baterií	24
6.2.1. Baterie ZPower.....	25
6.3. Nové technologie lithiových článků.....	26

6.3.1.	Titanové struktury baterií, dopované silikonovou nanosítí	26
6.3.2.	Technologie baterií Eamex.....	26
6.3.3.	Lithium sírové baterie (Li-S).....	27
6.3.4.	Valence - vyspělé energetické systémy (U Charge® - LiFeMgPO ₄ baterie)	29
7.	Zhodnocení a porovnání stávajících akumulátorů s novými technologiemi	31
7.1.	Olověné akumulátory a jejich nové technologie	32
7.2.	Lithiové akumulátory	33
7.3.	Niklové a zinkové akumulátory	34
7.4.	Celkové zhodnocení	35
8.	Závěr	37

1. Úvod

Při výběru vhodného tématu bakalářské práce jsem se rozhodl pro tuto rešeršní práci, která se zaměřuje zejména na tematiku nynější techniky akumulace elektrické energie a nových trendů v této oblasti.

Na začátku mé práce věnuji pozornost obecnému popisu a použití galvanických článků, zejména sekundárních článků, akumulátorů, jež se hojně využívají jako obnovitelné zdroje elektrické energie. Po seznámení s principy akumulátorů se zaměřuji na jejich vzájemné spojování a na prostředky užívané u takto řazených akumulátorů, které jsou detailně popsány ve čtvrté kapitole.

V následující kapitole se zaměřuji výhradně na nejčastěji využívané galvanické články ve stávající akumulátorové technice. Jednotlivé typy akumulátorů jsem podrobil analýze s výčtem principů, vlastností, parametrů a využití. Poté následuje kapitola s rešerší dostupných informací o nových typech a technologiích akumulátorů v dnešní akumulátorové technice.

V předposlední kapitole zhodnocuji a porovnávám stávající akumulátory s novými principy a technologiemi, o kterých se zmiňuji v předchozích kapitolách. Na úplný závěr zhodnocuji dostupnost literárních pramenů a informací na internetu jak u nás, tak v zahraničí.

2. Galvanický člunek

Galvanický člunek je chemický zdroj využívající chemickou reakci, při níž se uvolňuje energie ve formě elektrického pole, slouží tedy k úchově elektrické energie. Při této chemické reakci má molekula nově vzniklé sloučeniny menší energii než součet energií částí, z nichž vznikla, jinak řečeno, člunek se vybíjí. Tyto reakce se dále rozdělují:

- **Nevratné** – napětí člunku se po vybití nedá obnovit (primární články)
- **Vratné** – člunek je možné znovu obnovit (sekundární člunek – **akumulátor**)

Snižování napětí v člunku má za následek vnitřní odpor R_i (malý vnitřní odpor - tvrdé zdroje, velký vnitřní odpor - měkké zdroje), který se projevuje zejména během procházení elektrického proudu člunkem. Při vyšším zatížení elektrickým proudem se rovněž napětí člunku opět sníží. Chemické reakce samovolné, nebo vyvolané průchodem elektrického proudu (elektrolýzou) mezi elektrolytem a elektrodami mají za důsledek elektrické potenciály v člunku. Rozdíly těchto potenciálů na elektrodách způsobují vznik elektromotorického napětí na galvanickém člunku. Galvanický člunek je zdroj pouze stejnosměrného proudu, proto je třeba při zapojení člunku do elektrického obvodu dbát na správnou polaritu elektrod.

2.1. Struktura galvanického člunku

Každý galvanický člunek se skládá z elektrod a elektrolytu. Kombinace materiálů a chemických látek v člunku jsou vždy zvoleny tak, aby potenciál elektrody byl co největší a přitom si uchoval svou elektrickou energii co nejdéle. Například pro záporné elektrody se využívá zinek, kadmium, lithium, pro kladné elektrody se používá uhlík, nikl, stříbro. Elektrolyty v galvanických čluncích jsou tvořeny roztoky kyselin nebo jejich solí, roztoky zásaditých sloučenin alkalických kovů. Elektrolyty v čluncích se vyskytují ve formě tekutiny, gelu nebo také v tuhém stavu (např. nasáknuté v pórovitém materiálu). Další typy materiálů elektrod a elektrolytů jsou popsány u jednotlivých typů akumulátorů.

2.2. Základní parametry galvanických člunků

1. druh člunku – primární, sekundární
2. jmenovité napětí U_e
3. vnitřní odpor R_i
4. elektrický výkon - množství energie, které je člunek schopen dodat za jednotku času
5. celková elektrická energie, kterou lze dostat z čerstvého člunku až do úplného vybití
6. měrná energie - podíl celkové energie a hmotnosti člunku
7. hustota energie - podíl celkové energie a objemu člunku
8. životnost člunku - doba dodávání energie při běžném zatížení
9. nabíjecí proud a nabíjecí doba
10. účinnost - podíl vydané a dodané energie u akumulátorů
11. cena

2.3. Použití galvanických článků

Galvanické články využívají především v přenosných elektrických spotřebičích, tzn. u spotřebičů, kde se nelze připojit k elektrické síti, nebo přímo použít mechanický zdroj (generátor). Jsou to například baterky, hodiny, mobilní telefony, přenosné počítače, fotoaparáty, kamery, atd. Výhodou galvanických článků je snadná přenosnost, malé rozměry a relativně nízká hmotnost. Nevýhodou může být nízké elektromotorické napětí, nízký výkon a krátká životnost. Akumulátory je možné rovněž použít k uložení elektrické energie, potřebné při přerušení dodávky ze sítě, např. záložní zdroje, zdroje elektřiny v automobilech.

3. Akumulátor

Akumulátor je sekundární galvanický článek, přizpůsobený pro opakované uchovávání elektrické energie. Reakce, které probíhají uvnitř článku a snižují elektrickou energii, jsou na rozdíl od primárních článků vratné, tudíž je jej možné znovu obnovit. Sekundární článek je potřeba nejprve nabít a poté je možné jej použít jako zdroj energie.

3.1. Princip

Akumulátory elektrické energie pracují na mnoha různých principech (tepelná, chemická či jiná akumulace energie). Nejběžnější typy akumulátorů jsou založeny na elektrochemickém principu, což znamená transformace elektrické energie na energii chemickou a zpět. Chemické reakce v článku, vyvolané elektrickým proudem, jsou v případě akumulátoru vratné. Projevují se rozdílným elektrochemickým potenciálem na elektrodách, z nichž se díky těmto reakcím energie i navrácí.

Rozdělení stávajících elektrických akumulátorů podle principu

- Olověný (Pb)
- Nikl-kadmiový (NiCd)
- Nikl-metal hydridový (NiMH)
- Nikl-železný (NiFe)
- Nikl-zinkový (NiZn)
- Stříbro-zinkový (AgZn)
- Lithium-iontový (Li-ion)
- Lithium-polymerový (Li-Pol)
- Lithium-železo-fosfátový (Li-FeSO₄)
- Sodíkovo-sírový (NaS)
- Ostatní

3.2. Vlastnosti a parametry

Vlastnosti a parametry jsou různé dle jednotlivých typů elektrických akumulátorů, ty se kromě principu dále rozdělují podle mnoha kritérií, např. podle typu elektrolytu (s kyselým elektrolytem, se zásaditým elektrolytem, s bezvodým elektrolytem), provedení (otevřené, uzavřené), použití (např. průmyslové), podle tvaru (válcové např. typ AA, prizmatické, diskové) a podle technologie výroby

(stáčené nebo ploché desky). Životnost většiny elektrochemických akumulátorů závisí na způsobu nabíjení/vybíjení a provozních teplotách, pohybuje se řádově ve stovkách nabíjecích či vybíjecích cyklů. Kapacita každého akumulátoru postupem času klesá vlivem chemické koroze elektrod (např. sulfatace).

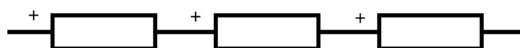
3.3. Využití

Akumulátory se využívají stejně jako všechny galvanické články především v přenosných elektrických spotřebičích, v mnoha složitějších strojích, automobilech jako pomocný zdroj energie, nebo přímý zdroj elektrické energie. Akumulátory se tedy v dnešní době využívají téměř v každém případě, kde není v dosahu elektrická síť. Využívají se například ve vojenství (letadla, ponorky, lodě), v průmyslu (vozíky, stroje), ve spotřební elektronice (mobilní telefony, notebooky, svítilny). Jedním z hlavních použití akumulátorů v dnešní době je v automobilovém průmyslu, kde je snaha vytváření hybridních pohonů, nebo úplného nahrazení spalovacích motorů.

4. Řazení a spojování akumulátorů

4.1. Sériové řazení olověných akumulátorů

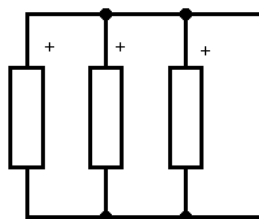
Sériové řazení článků se používá pro zvýšení celkového napětí akumulátoru. Při zapojování článků do série, se napětí jednotlivých článků sčítají, přitom využitelný proud a kapacita takového akumulátoru zůstane stejná, ta je dána parametry jednoho z článků. Akumulátory se zásadně sestavují z identických článků (typ, série, parametry, atd.), celková kapacita je dána nejslabším článkem v zapojení. U sériových zapojení také platí, že čím větší je napájecí napětí, tím je menší odebíraný proud (elektrochemické zákony). Například u 60W žárovky a 6V akumulátoru protéká proud 10A, při požití 12V akumulátoru je proud o polovinu menší, což například umožňuje použití tenčích vodičů.



Obr. 1 schéma sériového zapojení článků

4.2. Paralelní řazení akumulátorů

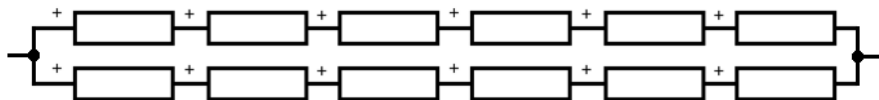
Paralelní řazení článků se používá pro zvýšení celkové kapacity akumulátoru. Při paralelním zapojování článků, se sčítají kapacity jednotlivých článků, na rozdíl od sériového zapojení, napětí zůstane stejné, tedy napětí akumulátoru je dáno parametry jedním z článků. Jako u sériového zapojení se tyto akumulátory sestavují zásadně z identických baterií, hlavním důvodem jsou vyrovnávací proudy mezi jednotlivými články, které je nutno zachovat stejné, u každého článku.



Obr. 2 schéma paralelního zapojení článků

4.3. Kombinace sériového a paralelního řazení akumulátorů

V praxi, kde je potřeba dosáhnout vyššího napájecího napětí a zároveň vyšší kapacity, než jsou schopné nabídnout jednotlivé samostatné články, se využívá kombinace sériového a paralelního zapojení. Například u 12V, 20Ah akumulátoru znamená označení 6s2p, že se akumulátor skládá ze šesti 2V článků v sérii a ke každému článku v sériovém zapojení je přísluší paralelně druhý článek pro zvýšení kapacity.



Obr. 3 schéma zapojení u 12V, 20Ah akumulátoru s označením 6s2p

4.4. Prostředky používané při nabíjení akumulátorových svazků

Při nabíjení akumulátorových svazků se využívají omezovače a balancéry, které chrání před přebíjením jednotlivých článků, takzvaném „rozházení“ jednotlivých článků ve svazku u lithiových baterií. Pokud by k takovým stavům ve svazcích docházelo, spolehlivost baterie by se stále zhoršovala. V případě, že by došlo k podpětí jednoho článku lithiové baterie až na 2,5V, tak by se jednalo o nevratné poškození článku. O nepřekročení hranic těchto hranic by se měl starat CUT-OFF regulátor, kontrola napětí, provoz na čas, apod. Je důležité kontrolovat parametry u nejslabšího článku. Srovnání článků se provádí během nabíjení balancérem a omezovačem. Omezovač hlídá přepětí a balancér se stará o srovnání parametrů článku. Tyto prostředky se užívají až v posledních letech, dříve se články nabíjeli bez omezovačů nebo balancérů. Nabíječky jsou doplněny, buď externím, nebo novějším interním balancérem / omezovačem, na funkci však provedení nemá vliv. V dnešní době by tyto prostředky měly být použity při každém nabíjení.

4.4.1. Omezovače napětí

Omezovače kontrolují maximální napětí na jednotlivých člancích u téměř nabitě baterie při procesu nabíjení. V případě překročení maximálního napětí jej omezovač omezí a přebytečnou energii v podobě tepla spotřebuje pomocí chladiče. Jednotlivé články se tedy po dosažení své maximální hodnoty dále nenabíjejí, zatímco ostatní články, které této hodnoty nedosáhli, se nadále nabíjejí. Takto omezovače snižují riziko pro články a srovnávají jednotlivé články v akumulátoru. Při pravidelném nabíjení pomocí omezovače jsou baterie v pořádku, avšak využití pouhého omezovače při nabíjení je spíše pro domácí spotřebitele.

4.4.2. Balancéry napětí

Balancéry, stejně jako omezovače kontrolují hodnoty maximálního napětí na jednotlivých člancích, avšak navíc se starají o „balancování“ srovnávání článků na stejné hodnoty během celého procesu nabíjení a ne jen u konce nabíjení, jakož tomu je u omezovačů. Také se na rozdíl od omezovače používá až při spojení minimálně dvou článků. V ideálním případě pracuje balancér mezi články navzájem, tudíž je i energeticky výhodnější. Rozdíl napětí článků při balancování nepřesahuje 0,01V. Jednotliví výrobci uvádí různé algoritmy balancování, s čímž se liší i kvalita této činnosti a celého nabíjení. Balancéry jsou tedy vhodné pro srovnávání článků v akumulátorových sadách i samostatně, bez nutnosti nabíjení. Oproti omezovačům, však mají mnohem vyšší cenu.

5. Stávající akumulátory

5.1. Olověný akumulátor (Pb)

Princip

Elektrody olověného akumulátoru na bázi olova tvoří mřížky, které slouží jako nosiče činných hmot a odvádějí z nich proud. Zápornou elektrodu anodu tvoří hmota z houbovitého olova (Pb), kladná elektroda katoda je tvořena oxidem olovičitým (PbO_2). Elektrolytem je vodou zředěná kyselina sírová (koncentrace 35%). Elektrolyt v olověných akumulátorech se uchovává v tekutém stavu, ve formě ztuženého gelu, nebo nasáknutý v mikroporézních materiálech, např. skelné vatě. Vybíjením se aktivní hmota záporné i kladné elektrody přeměňuje na síran olovnatý (PbSO_4) a elektrolyt je ochuzován o kyselinu sírovou a obohacován o vodu. Při vybíjení tedy klesá koncentrace elektrolytu a naopak při nabíjení jeho koncentrace roste.

Olověné akumulátory se rozdělují dle použité technologie a užití. Mezi technologie olověných akumulátorů patří: VRLA (Valve Regulated Lead Acid batteries – ventilem řízené olověné akumulátory, zapouzdřené akumulátory se zamezením ztrát elektrolytu), se zaplavenými elektrodami (autobaterie – elektrolyt je volně nalitá kapalina mezi elektrodami), AGM (Absorbed Glass Mat – elektrolyt je nasáknut ve skelné vatě mezi elektrodami) a gelové (elektrolyt ve formě gelu).

Vlastnosti

Olověné akumulátory patří v dnešní době mezi nejpoužívanější sekundární zdroje elektrického energie. Mezi jeho hlavní přednosti patří dobře zvládnutá technologie výroby, a vysoký výkon za relativně nízkou cenu. Avšak tento akumulátor má mnoho nevýhod, jedna z nich je poměrně rychlé samovybíjení bez připojení k elektrickému proudu (3-30% kapacity za měsíc). S tímto související nevýhodou je životnost, při setrvávání delší doby v částečně vybitém stavu, dochází na elektrodách akumulátoru k sulfataci, ta výrazně snižuje kapacitu, proto je třeba akumulátor dobíjet po každém použití.

Parametry

Jmenovité napětí jednotlivého článku v olověných akumulátorech jsou 2V. To znamená klasické Pb akumulátory obsahují ve své konstrukci 6 článků v sérii, aby byl schopný vyprodukovat 12V. Články by se při užívání neměly dostat pod hodnotu 1,75V, tedy 10,5V celkem, poté dochází k poškození. 12V akumulátor by se měl dobíjet hodnotou napětí 14,2 až 14,5V, po ukončení nabíjení klesne hodnota napětí na 12,6V. Tyto hodnoty napětí jsou uváděny pro teplotu 20 °C. Jednotlivé hodnoty se liší podle výrobce. Životnost akumulátoru značně ovlivňuje správné nabíjení při správných hodnotách nabíjecího napětí. Nízká napětí způsobují sulfataci a vysoká korozi elektrod a ztrátu elektrolytu.

Aplikace

Využití olověných akumulátorů je obrovské, hlavně v automobilové technice jako startovací baterie, kde jsou baterie navrženy tak aby dodávaly co největší startovací proud, avšak díky velké ploše a počtu tenkých elektrod nesmí docházet k hlubokému vybití, protože by mohly být snadno poškozeny. Opakované hluboké vybíjení způsobí ztrátu kapacity. Pro předejití sulfatace a zachování kapacity se musí pravidelně dobíjet podle doporučení výrobce (např. 3 měsíce). Speciální baterie navržené pro hluboké vybíjení se nazývají trakční baterie, tyto baterie mají široké elektrody, nejsou

schopné dodat tak velký proud jako v případě autobaterie, ale mnohem méně podléhají opotřebení elektrod při vybíjení a nabíjení. Používají se v případech, kdy dochází k pravidelnému vybíjení a nabíjení (např. fotovoltaické systémy, golfová vozítka, elektrické automobily, atd.).

5.2. Nikl-kadmiový akumulátor (NiCd)

Princip

V nabitém stavu je aktivní hmota kladné elektrody z oxid-hydroxidu niklitého - NiO(OH) a záporná elektroda je z kadmia - Cd . Elektrolyt je zásaditý, obvykle je to vodný roztok hydroxidu draselného (KOH).

Vlastnosti

Mezi výhody NiCd akumulátoru patří, bezproblémové skladování ve vybitém stavu a odolnost vůči hlubokému vybití. Svými vlastnostmi se podobá novějšímu nikl-metal hydridovému (NiMH) akumulátoru. Nevýhodou ve srovnání s nikl-metal-hydridovými (NiMH) a lithium-iontovými (Li-ion) akumulátory je relativně nižší měrná kapacita. Běžně používané nikl-kadmiové (NiCd) akumulátory jsou sice relativně levné, ale vysoce problematické z hlediska negativních dopadů na životní prostředí díky obsahu vysoce toxického kadmia, z něhož se skládá jedna z elektrod. Proto je nezbytně nutný sběr opotřebovaných NiCd akumulátorů (stejně jako v případě olovených akumulátorů). Články se skladují nejlépe ve vybitém stavu. Před použitím po dlouhodobém uskladnění je nutno provést 2 až 3 nabíjecí cykly, aby se aktivní hmoty uvedly do plného provozu. Vzhledem k samovybíjení je lepší články, které často nepoužíváme, nabíjet až před použitím.

Parametry

Jmenovité napětí jednoho článku je 1,2 V. V plně nabitém stavu dosahuje napětí k 1,35 V a vybitý článek má 0,8-1,0 V. Do článku je při nabíjení nutno dodat 120 až 140% jejich kapacity (pokud jsou plně vybité) pro kompenzaci neefektivnosti nabíjení. Konkrétní hodnoty napětí a proudů uvádí výrobce. Ke konci nabíjení dochází k prudkému krátkodobému zvýšení a následně snížení napětí akumulátoru. Současně se začíná článek zahřívat. Obou dvou stavů se může využívat pro automatické odpojení nabíječky.

Aplikace

Nikl-kadmiový akumulátor se vyrábí dvěma způsoby, buďto se zaplavenými elektrodami a kapalným elektrolytem, tyto akumulátory se používají pro velké staniční baterie, nebo jako hermetizované akumulátory do přístrojů jako jsou akumulátorové vrtačky

5.3. Nikl-metal hydridový akumulátor (NiMH)

Princip

Kladná elektroda je tvořena z oxid-hydridu nelitého. Záporná elektroda je utvořena ze speciální kovové slitiny a speciální směsi hydridů. Kovová slitina může být složena z niklu, kobaltu,

manganu, hliníku a některých vzácných kovů (lanthan, cer, praseodym). Elektrolyt tohoto článku tvoří vodný roztok hydroxidu draselného.

Vlastnosti

Nikl-metal hydridový akumulátor je jeden z nejčastěji používaných druhů akumulátorů. V porovnání s nikl-kadmiovým (NiCd) akumulátorem má asi 2x větší kapacitu. Hlavními důvody jeho velkého rozšíření je jeho značně velká kapacita a schopnost dodávat poměrně velký proud spolu s přijatelnou cenou. Určité omezení představuje jeho napětí 1,2 V, které je nižší než napětí běžných baterií na jedno použití (1,5 V).

Parametry

Jmenovité napětí článku jsou 1,2 V. Měrná energie je 30-100 Wh/kg a měrná energetická hustota 140-300 Wh/l. Napětí plně nabitého článku je 1,4 V, napětí vybitého článku je 1,0 V. Velkou nevýhodou nikl-metal hydridový článku je podobně jako olověných článků, velká úroveň samovybíjení (15-30% za měsíc), při nižší než pokojové teplotě se samovybíjení podstatně sníží. Existují také nikl-metal hydridové akumulátory s nízkou úrovní samovybíjení. Tyto typy si zachovávají přibližně 90% své energie po půl roce, 85% po roce a asi 70% po dvou letech.

Aplikace

Nikl-metal hydridové baterie se hojně využívají v automobilovém průmyslu u elektrických vozidel, dopravních prostředcích a také v hybridních technologiích. Nikl-metal hydridová technologie se rozšířeně užívá jako nabíjecí baterie v komerční elektronice, kde se můžou vyskytovat téměř v každém přenosném spotřebiči, avšak v dnešní době jsou z velké části nahrazovány lithiovými bateriemi pro jejich lepší vlastnosti.

5.4. Nikl-železný akumulátor (NiFe)

Princip

Kladný pól nikl-železného akumulátoru, katoda, je tvořena z oxid-hydroxidu niklitého a záporný pól je železný. Elektrolyt tvoří hydroxid draselný. Aktivní materiály jsou uloženy v niklem potažených kovových trubicích nebo kapsách. Jednou z hlavních schopností tohoto akumulátoru je výdrž při frekventovaném cyklování, kterému přísluší nízká rozpustnost reaktantů v elektrolytu. Vlivem nízké rozpustnosti hydroxidu-železitého je formování krystalů železa během nabíjení pomalé a uchovává elektrody, to ovšem omezuje velké výhody (pomalé nabíjení i pomalé vybití). Ni-Fe články by se neměli nabíjet konstantním napětím, v případě kdy hrozí zničení tepelnými úniky, vnitřní napětí článků klesne a stoupne teplota.

Vlastnosti

Ni-Fe akumulátor má velmi robustní konstrukci, která snese velkou námahu jako je přebíjení, hluboké vybíjení a časté nabíjení. Tyto baterie dosahují velmi dlouhé životnosti i přes časté používání, využívají se hlavně jako záložní zdroje, jelikož je možné průběžně dobíjet. Přitom životnost může přesáhnout i 20 let. Nevýhody jsou nízká měrná energie, slabé nabíjecí napětí a vysoké náklady při výrobě. V dnešní době už byla nikl-železná baterie nahrazena v mnoha aplikacích jinými typy

nabíjecích baterií. Ni-Fe baterie neobsahují olovo ani kadmium jako olověné nebo nikl-kadmiové baterie, které zatěžují životní prostředí.

Parametry

Měrná energie tohoto akumulátoru je 30 – 50Wh/kg, energetická hustota je 30Wh/l a síla poměrná k váze je 100W/kg. Výkonnost při nabíjení a vybíjení se pohybuje kolem 65% až 80%. Jmenovité napětí článku je 1,2V. Doporučované napětí k nabití článku je 1,65V. Směs hydroxidu draslíku a hydroxidu lithia v elektrolytu se během nabíjení a vybíjení neopotřebovává. Hydroxid lithia zlepšuje vlastnosti článků. Životnost baterie je až 50 let. Opakované hluboké vybíjení má zanedbatelný vliv na životnost baterie.

Aplikace

Ni-Fe baterie byly po dlouhou dobu používány v evropském těžebním průmyslu. Výhodou pro toto užití je velká odolnost vůči vibracím, vysokým teplotám a jiným vnějším vlivům. V současné době se opět začínají používat ve větrných elektrárnách, solárních systémech i v moderních elektrických vozidlech, kde váha není hlavním aspektem (např. lodě). Jak už bylo zmíněno ve vlastnostech Ni-Fe článků, používají se také jako záložní zdroje v elektrických sítích.

5.5. Nikl-zinkový akumulátor (NiZn)

Princip

Kladný pól Ni-Zn článku, je tvořen z niklu a záporná elektroda ze zinku. Jako elektrolyt se běžně využívá vodný roztok hydroxidu draselného, ten je však obohacen o příměsi z důvodů zvýšení životnosti a zabránění dendritickému růstu zinkové elektrody. Ni-Zn články se v současné době vyskytují hlavně v podobě hermeticky uzavřených akumulátorů, v minulosti se jednalo zejména o otevřené články.

Vlastnosti

Při plném nabití mají Ni-Zn články v otevřeném okruhu napětí 1,8V a jmenovité napětí 1,6V na článek. Uváděná životnost je 100-500 cyklů, avšak reálná hodnota je asi 200 cyklů. Tyto hodnoty dělají z nikl-zinkových článků výbornou náhradu pro elektronické produkty, které využívají alkalické primární články o napětí 1,5V. Ni-Cd a NiMH články mají jmenovité napětí jen 1,2V. Ni-Zn baterie neobsahují rtuť, olovo, kadmium, nebo metal-hydridy (vzácné kovy), které jsou těžko recyklovatelné. Nikl i zinek jsou snadno dostupné elementy v přírodě a také snadno recyklovatelné. Tyto baterie jsou zatím dostupné jen v Sub C, AA a AAA typech. V porovnání s jinými nabíjecími systémy mají nikl-zinkové články menší objemovou hustotu energie. Nikl je také mnohem dražší než olovo. Technologie Ni-Zn baterií je navržena pro rychlé a časté nabíjení, maximální doba nabití je 2 a půl hodiny. Baterii však lze začít nabíjet, až napětí článku klesne pod hodnotu 1,6V.

Parametry

Ni-Zn články mají podobné nabíjecí a vybíjecí parametry jako 1.2V Ni-Cd články, avšak mají vyšší jmenovité napětí 1,6V. Elektrochemický napěťový potenciál je přibližně 1,73V. Měrná energie tohoto akumulátoru je 100Wh/kg, energetická hustota je 280Wh/l a síla poměrná k váze je větší než 900W/kg. Ni-Zn baterie vydrží 400 až 1000 cyklů nabíjení.

Aplikace

Nikl-zinkový článek je typ nabíjecí baterie, která se používá hlavně pro bezdrátové přístroje (mobilní telefony, digitální kamery, zahradní nástroje, profesionální fotoaparáty, elektrické kola a lehké elektrické vozidla). Ni-Zn baterie mají potenciál nahradit olovené akumulátory, díky jejich vyšší energii a síle v poměru k hmotnosti (stejná energie, ale o 75% menší hmotnost). Ve srovnání nikl-kadmiovými bateriemi jsou levnější. Ni-Zn články jsou také vhodnou alternativou pro Ni-Cd články, tím se v průmyslu omezí škodlivé kadmium.

5.6. Stříbro-zinkový akumulátor (AgZn)

Princip

Stříbro-zinkový článek je také dobře znám jako stříbro-oxidový, jelikož tento druh primárního galvanického článku je založený na reakci mezi oxidem stříbrným a zinkem. Kladný pól článku, katoda je tvořena oxidem stříbrným a záporný pól anoda je tvořena zinkem, elektrolytem článku je hydroxid sodný (NaOH) nebo hydroxid draselný (KOH) ve vodném roztoku. Při použití elektrolytu s hydroxidem sodným má článek vyšší energetickou hustotu než při použití elektrolytu hydroxidu draselného, ten je však schopen dodávat mnohem vyšší proudy, což je vhodné například pro podsvícení displejů.

Vlastnosti

Stříbro-oxidové články jsou známé svou vysokou kapacitou a životností, jejich velkou nevýhodou je vysoká cena, důvod je použití stříbra v jejich konstrukci. V mnoha případech nahrazují rtuťové články, ve srovnání s nimi mají vyšší napětí, což způsobuje problémy u starších spotřebičů, které jsou navrženy pro rtuťové články. Vybíjecí křivka stříbro-oxidových článků je mnohem rovnější, dokáže si dlouhodobě udržet napětí na stejné hodnotě, než prudce klesne. Kdežto u alkalických článků se hodnota napětí postupně snižuje. Zinková elektroda se vyráběla ze slitiny zinku a menšího množství rtuti, tento způsob výroby se využíval k zamezení koroze elektrody a vývinu plynů uvnitř článků. Později, z důvodů omezení rtuti použité při výrobě, se museli výrobci obrátit na jiné modernější technologie, aby zabránili vývinu plynů v článku.

Parametry

Jak už je uvedeno ve vlastnostech, tyto články se vyznačují svou vysokou kapacitou a životností. Stříbro-oxidové články měli nejvyšší známou energetickou hustotu, až do té doby než se objevily lithiové články. Jejich energetická hustota se pohybovala okolo 500Wh/l a jejich specifická energie okolo 130Wh/kg. Jelikož jsou stříbro-oxidové články zejména primární články, nejsou dobíjecí a jsou tedy určeny jen na jedno použití, proto je jejich cena přijatelná, zvláště při použití v miniaturních provedeních.

Aplikace

Stříbro oxidové články se vyskytují hlavně v menších podobách, například miniaturní knoflíkové články do hodinek, kalkulaček, laserových ukazovátek, na základních deskách počítačů a další spouště podobných zařízení, které vyžadují malé rozměry baterie a tam, kde nehraje objem stříbra významnou roli v koncové ceně. Využívají se také v armádní technice, zde však ve větších velikostech, například jako napájení pro rakety nebo torpéda.

5.7. Lithium-iontový akumulátor (Li-ion)

Princip

Kladný pól, katoda je vyrobená z oxidu kovu, záporný pól anoda je vyrobená z uhlíku, elektrolytem článku je lithiová sůl rozpouštěná v organickém rozpouštědle. Lithiové články mohou obsahovat ve své konstrukci také čip, který kontroluje stav průběhu nabíjení. Články bez tohoto čipu jsou spíše výjimkou a tudíž dražším provedením.

Vlastnosti

Díky vysoké energetické hustotě se mohou Lithium-iontové baterie vyrábět v opravdu miniaturních velikostech, výhodou je tedy jejich velká různorodost. Klasickou vlastností lithiových baterií je jejich vyšší teplota při používání či nabíjení, proto je vhodné volit taková zařízení, která sama neprodukují vysoké teploty. V krajních případech při vysokých teplotách mohou články vznítit nebo explodovat. Lithiové články postupem času ztrácí svou maximální kapacitu již od výroby, bez ohledu na to jak často je baterie používána, avšak vyšší teplota, vyšší stav nabití nebo větší zatížení zvyšuje rychlost snížení kapacity, stárnutí. Stejně jako předchozí typy článků má i lithiový článek své prahové napětí při vybíjení (minimální vybíjecí napětí = 2,8V), při nižším napětí je velmi těžké článek obnovit, proto je nutné jej pravidelně dobíjet.

Parametry

Jmenovité napětí jednoho článku je 3,7V. Tyto články mají mnohem větší měrnou energii a energetickou hustotu než stříbro-oxidové články (200Wh/kg, 530Wh/l), a asi třikrát vyšší hodnoty než nikl-metal-hydridové články (Ni-MH). To znamená, že Lithium-iontové baterie mohou být mnohem menší a přitom mají relativně vysokou kapacitu energie. Tyto články mají už danou takzvanou formu, to znamená, že je není třeba několikrát nabít na plnou kapacitu a poté vybit před prvním použitím, abychom mohli využít její plný potenciál. Životnost se pohybuje okolo 500 až 2000 nabíjecích cyklů.

Aplikace

Lithium-iontový článek (Li-ion baterie) se dnes využívá ve veškeré spotřebitelské elektronice, od miniaturních přístrojů až po jakékoliv větší spotřebiče, například mobilní telefony, váhy, rádia, atd. Díky své vysoké hustotě a tudíž menším rozměrům se využívá hlavně pro přenosná zařízení, v dnešní době i v některých hybridních technologiích u vozidel, avšak tato technologie je v takovém měřítku mnohem dražší než technologie olověných (Pb) článků.

5.8. Lithium-polymerový akumulátor (Li-Pol)

Princip

Kladný pól, katoda je vyrobená z oxidu kovu, záporný pól anoda je vyrobená z uhlíku, stejně jako u Li-ion článků. Hlavním rozdílem mezi Li-Ion a Li-Pol článkem je elektrolyt z lithiové soli, který není uložen v organickém rozpouštědle, ale v pevných polymerových vláknech jako polyetylen-oxid a polyakrylnitrilát.

Vlastnosti

Tato technologie byla vyvinuta z Lithium-iontových článků a tudíž jmenovité napětí jednoho článku je také 3,7V. Li-Pol článek je jednotný celek, klasické nabíjecí baterie bývají složeny z několika identických sekundárních článků, paralelně zapojených pro zvýšení proudové kapacity. Výhodou těchto článků je jejich prizmatický tvar (hranol), malá hmotnost, vysoká kapacita, velká výkonnost a velmi malé samovybití. Díky svým vlastnostem se stále více prosazují, jsou neustále vyvíjeny, přičemž je zvyšována jejich kapacita a výkonnost a brzy zcela nahradí starší typy akumulátorů. Nevýhodou těchto akumulátorů je nutnost používání elektronické ochrany jednotlivých článků při nabíjení a vybíjení. Při jejich nabíjení a vybíjení nesmí být překročeny výrobcem stanovené hodnoty, v opačném případě dojde k poškození článků. Toto poškození je ve většině případů nevratné a proto je při nabíjení Li-Pol článků třeba používat pouze nabíječky, které jsou pro tyto články určeny. Jednou z nevýhod těchto článků je jejich křehkost a „zranitelnost“. Obal článku je tvořen kovovou fólií, která je minimálně mechanicky odolná a při jejím poškození hrozí nebezpečí požáru a poškození zdraví.

Parametry

Funkčnost těchto akumulátorů je, co se týče provozních teplot, množství cyklů, vybíjecích a nabíjecích napětí, je obdobná jako u akumulátorů Li-Ion. Měrná energie je 130-200 Wh/kg a energetická hustota je asi 300 Wh/l. Měrná síla v poměru k váze může být vyšší než 7kW/kg. Nabíjecí a vybíjecí efektivita je až 99,8%. Li-Pol článek je schopný více než 1000 cyklů a vydrží 2 až 3 roky. Jmenovité napětí je 3,7V.

Aplikace

Lithium-polymerové články (Li-Pol) jsou nové druhy elektrochemických článků, které se úspěšně používají v mobilních telefonech, kamerách, fotoaparátech, notebookech a dalších přenosných zařízeních.

5.9. Lithium-železo-fosfátový akumulátor (Li-FePO₄, LFP baterie)

Princip

Tento článek je druh lithium-iontového článku, tudíž je jeho princip podobný, využívá chemických reakcí s Lithiem a tudíž má i podobné vlastnosti jako Li-ion baterie. Záporný pól anoda zůstal vyráběn ze stejného materiálu, ale kladná katoda je tvořena z LiFePO₄, jenž je vhodný pro dobíjení lithiové baterie.

Vlastnosti

Li-FePO₄ články vynikají tepelnou stabilitu, jsou netoxické, mají bezpečnostní vlastnosti (odolnost vůči tepelným únikům) a dobrý elektrochemický výkon, schopnost dodávat vysoký proud při špičkových odběrech a vysokou měrnou kapacitu. Díky snadné dostupnosti železa je i cena článků velmi nízká. Pro lepší vlastnosti a zvýšení vnitřní vodivosti, při širším komerčnějším využití, se částice Li-FePO₄ obohatily vodivými materiály (uhlík, extrémně čisté polovodiče). U těchto článků nedochází k tak vysokým teplotám jako u lithium-iontových a polymerových článků, jelikož je vazba

Fe-P-O silnější než Co-O. Baterie má vysokou teplotní odolnost až do 800°C kdy už může dojít k explozi.

Parametry

Minimální vybíjecí napětí 2,8V je stejné jako u ostatních lithiových článků, maximální napětí je 3,6V. Energetická hustota 220 Wh/l (Objemová) je však vyšší než klasické lithiové baterie, gravimetrická energetická hustota je vyšší než 90 Wh/kg. LiFePO₄ článek je schopný 2000 až 7000 cyklů do degradace baterie na 80% jeho původní kapacity.

Aplikace

V dnešní době mají výrobci tendenci zařadit tyto typy lithiových článků do pohonů hybridních automobilů. Avšak velkou nevýhodou je jejich kapacita, která není tak vysoká jako výrobci udávají a je také dosti nestálá, vyžaduje jemné zacházení. Některé nové baterie předčasně selhávají (nesmí se vybit pod úroveň 33%), také rychlé nabíjení zkracuje jejich životnost.

5.10. Sodíkovo-sírový akumulátor (Na-S)

Princip

Sodíkovo-sírový akumulátor se zakládá na principu tekutých kovů, konstruovaném ze sodíku a síry. Článek má mezi anodou a katodou pevnou membránu elektrolytu. Vyrábí se hlavně ve vysokých válcovitých tvarech. Celý článek je ohraničený kovovým pouzdem, které je chráněno chromem a molybdenem proti korozi. Tento vnější obal slouží jako kladná elektroda, jako záporná elektroda slouží tekutý sodík. Obal je zapečetěn vzduchotěsným hliníkovým víčkem. Důležitou částí článků je přítomnost základní membrány z pevného beta-hliníkového elektrolytu. V komerčních aplikacích se články ukládají do bloků, pro lepší vedení tepla a jsou uloženy ve vakuově izolovaném boxu. Během vybíjecí fáze slouží tekuté prvky sodíku v jádře jako anoda, to znamená, že sodík dodává elektrony do vnějšího okruhu. Sodík je rozdělen pevným beta-hliníkovým elektrolytem, BASE válcem od nádoby se sírou, která je vyrobena z inertního kovu, ten slouží jako katoda. Sodík je absorbován v uhlíkové houbě. BASE je dobrým vodičem iontů sodíku, ale špatným pro elektrony, tímto se předchází samovybití článku.

Vlastnosti

Čistý sodík představuje nebezpečí, protože může samovznítit při kontaktu s vodou, systém musí být tedy chráněn od navlhnutí. Dalším problémem je koroze izolantů v drsném prostředí, postupně se stávají vodivé a zvýší se tak možnost samovybití.

Parametry

Na-S článek má velkou energetickou hustotu, vysokou výkonnost nabíjení a vybíjení (89%-92%), dlouhou životnost, schopnost mnoha cyklů a je tvořen z nedrahých materiálů. Kvůli teplotám 300 až 350 °C, ve kterých článek pracuje, má velkou tendenci korodovat, takové články jsou primárně vhodné pro široké nemobilní aplikace.

Aplikace

Na-S články se využívají jako pomocné nebo záložní napájení elektrické sítě. Články je možné využít pro technologie energetických úložen, zvláště u výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, jako jsou větrné a solární elektrárny. Díky své velké hustotě energie je tento článek vhodný pro vesmírné aplikace. První užití ve velké míře bylo v automobilovém průmyslu, kde byly tyto články demonstrovány v prototypch elektrických vozidel, ovšem vysoká teplota baterií představovala mnoho problémů pro jejich další užití.

6. Nové typy a technologie akumulátorů

6.1. Technologie baterií Optima (Spiralcell Technology™, technologie čistého Pb)

Společnost Optima batteries se specializuje hlavně na extrémní podmínky a nadstandardní vybavení motorových vozidel. Optima je nová generace bateriové technologie, která překonává vlastnosti dosavadních typů baterií. Její přednosti jsou vysoká proudová schopnost, životnost, ořesu vzdornost a nepřítomnost elektrolytu v tekutém stavu. Mezinárodní organizace pro letectví IATA, schválila tuto baterii jako jedinou pro přepravu v letadlech.

Optima využívá technologii stočených elektrod, takzvanou Spiralcell Technology™, která zaručuje extrémní namáhání baterie jak vybíjecími proudy, tak i nabíjením, snáze přijímá a vydává energii a výrazně rychleji se nabíjí. Jednotlivé články se skládají ze dvou, do svitků stočených elektrod, které jsou oddělené separátorem, ten zároveň slouží jako nosič elektrolytu. Svitky jsou zasunuty do nádoby, do níž se pomocí vakua vpraví elektrolyt (roztok kyseliny sírové), ten je pak zasáknutý v separátoru ze skelného vlákna, baterie tak nemůže vytéct, tato technologie se nazývá AGM (Absorbed Glas Material). Tlak, který působí na desky, zaručuje vysokou ořesu vzdornost. Desky se vlivem tlaku podstatně hůře rozpadají, proto baterie dosahuje výrazně delší životnosti. Tvar válce každého článku odolává tlakům 7-8 psi, v běžné baterii je tlak 1-2 psi. Praporky elektrod na člancích jsou navzájem spojeny masivními propojkami z litého olova, nejen pro lepší vodivost, ale také pro větší odolnost. Tím je zabráněno častým poruchám, které docházely u spojování elektrod bodováním. Pro případ, že by došlo k přerušení jednoho praporku na elektrodě, je každá elektroda propojena praporky na více místech. Nehrozí tak přetěžování článku v důsledku snížení kapacity článku a změny elektrických poměrů, jako tomu je u klasických autobaterií. Výhodou je tedy i menší počet součástí.



Obr. 4 – Konstrukce baterie Optima

Elektrody baterie jsou vyrobeny z téměř čistého olova, je zde jen minimální množství cínu v příměsi. Čistota použitých materiálů má za důsledek perfektní vodivost a nízký vnitřní odpor baterie ($0,0028\Omega$). Současně se zdvojnásobí provozní životnosti i v prostředí o vysoké teplotě, tato zdokonalená čistota materiálu umožňuje bateriím uchování využitelné kapacity po nabití až na dobu dvou let, čímž je eliminována potřeba pravidelného, oživovacího nabíjení. Obal baterie je tvořen

odolným polypropylenem. Uzavřený systém je vybaven speciálním ventilem VRLA, který zajišťuje v případě potřeby možnost odchodu plynů z akumulátoru.

Z těchto využitých technologií plyne mnoho výhod, jelikož jsou články vinuté pod vysokým tlakem, zvýší se tak odolnost vůči otřesům a vibracím (až 15x vyšší oproti tradičním bateriím). Tlak je rozdělen rovnoměrněji, což způsobuje delší cyklickou životnost (300 a více cyklů). Díky technologii AGM, nepřítomnosti elektrolytu v tekutém stavu, může být baterie nainstalována v jakékoliv pracovní poloze a přitom nemůže dojít k úniku kyseliny. Mřížky z čistého olova zajišťují lepší vodivost, skladovatelnost, odolnost vůči korozi (delší životnost), také nižší vnitřní odpor (rychlé nabití, vyšší výkon).

Optima baterie se vyrábí ve třech variantách:

OPTIMA RED TOP - akumulátory s červeným víkem pro startování. Baterie s vysokými proudovými schopnostmi, otřesu vzdorné s nižší váhou. Lze je použít v libovolné poloze.

OPTIMA YELLOW TOP - akumulátory se žlutým víkem pro startování a trakční použití (vyšší odolnost hlubokému vybití). Baterie s vysokými proudovými schopnostmi a odolností hlubokému vybití (až do 10,5V), otřesu vzdorné, absolutně bezúdržbové. Lze používat v libovolné poloze. Typické příklady použití: off-road vozy s navigátorem nebo přídatnými světly, taxi, vozy se sklopným čelem, vysoce zatěžované záložní zdroje, auto-hifi, atd. baterie se velice rychle dobíjí.

OPTIMA BLUE TOP - akumulátory s modrým víkem pro startování a napájení přístrojů, zejména pro použití v lodích. Baterie s vysokými proudovými schopnostmi a odolností a odolností hlubokému vybití (až do 10,5V), otřesu vzdorné, absolutně bezúdržbové. Baterie má navíc 2 tenké vývody pro napojení přídatných zařízení, jako je GPS, vysílačka, sonar, palubní přístroje.



Obr. 5 – Typy baterie Optima

6.2. Budoucnost stříbro zinkových baterií

Stříbro zinkové baterie jsou stále užívány v mnoha aplikacích, kde je vyloučeno použití jakéhokoliv jiného typu. Ačkoliv lithiové baterie dělají velké pokroky, mohou nahradit stříbro zinkové baterie jen částečně.

Jakmile lithiové baterie předvedly své bezpečnostní vlastnosti vhodné pro užití ve vojenských aplikacích, u stříbro zinkových baterií bylo zapotřebí zavést několik radikálních změn ve své struktuře. Zinková elektroda a materiál separátoru byli hlavní příčinou krátkého života článků. Během cyklování, zinková elektroda rychle degraduje pod určité kontrolovatelné podmínky. Navržené zinkové dendrity procházejí oddělovačem, což způsobuje zkrat v článku a následné předčasné selhání. Mimo to se celofánový separátor rozpadal v koncentrovaném elektrolytu hydroxidu draslíku, a to i když se článek nepoužíval a to omezilo životnost asi na dva roky.

Struktura měla tři hlavní slabiny, zinková elektroda, separátor a elektrolyt. Při použití nízké koncentrace hydroxidu draslíku ve spojení s elektrodou, je rozklad oxidu zinku minimální. V takto nízké koncentraci elektrolytu je odolný i separátor, přesto čím je nižší koncentrace elektrolytu, tím se rychleji vybíjí. Tyto podmínky provázely v určité šíři také nikl zinkové články, které užívali stejné zinkové elektrody a slabou elektrolytovou koncentraci. Některé značky těchto baterií byly schopné dosáhnout pozoruhodně dlouhé životnosti s různými typy zinkových elektrod (500 až 1000 cyklů). Na druhou stranu, díky novým ne-celulózovým separátorům mohli nabídnout až dvakrát delší životnost.

Kombinace těchto charakteristik může radikálně změnit vlastnosti stříbro zinkové baterie a obrovsky zvýšit životnost a počet cyklování. Nová zinková elektroda bude mít menší tendenci se rozpouštět a vytvářet zinkové dendrity. Slabá koncentrace elektrolytu by neměla rozpouštět mnoho oxidu zinku a nebude ničit nový materiál separátoru. Takovýto systém může vést k poněkud vyššímu vnitřnímu odporu, který je v mnoha aplikacích nežádoucí. Avšak v případě je-li vyžadován, je možno článek navrhnout, tak aby vyhovoval aplikaci, například u nějakého výdaje hustoty energie, jako kompromis k tomuto nedostatku, je zaručená dlouhá životnost a velké množství cyklů. Jestliže nikl zinkový článek může nabídnout 600 až 1000 cyklů, můžeme předpokládat, že vylepšené stříbro zinkové baterie poskytnou minimálně 300 až 400 cyklů. To znamená, že nikl zinkový článek nemá problém s průchodem pevných stříbrných částic separátorem. Tyto koncepty stříbro zinkové baterie jsou již v omezené míře zkoumány na technické úrovni pro aplikace v praktických článcích.

6.2.1. Baterie ZPower

Společnost ZPower představila prototypy baterií využívající stříbra a zinku, které mají oproti klasickým lithium-iontovým nabídnout o 40% vyšší kapacitu. V porovnání s klasickými nikl-metal-hydridovými bateriemi mají 2 – 3 krát větší energetickou hustotu. Díky vysoké energetické hustotě jsou provedení stříbro zinkových baterií velmi flexibilní. Lithium iontové jsou přitom dnes nejpoužívanější baterie využívané v laptotech, mobilních telefonech, MP3 přehrávačích a dalších zařízeních.

ZPower prohlásila slovy výkonného prezidenta Rosse Duebera, že mohou být i bezpečně přebity, aby se dosáhlo vyšší kapacity. Skládají se z kompozitní polymerové zinkové anody, vrstvené přepážky a nanočásticové stříbrné katody. Články jsou přitom založeny na vodě, takže jsou pro použití bezpečné jako tradiční alkalické baterie. Zinek a stříbro jsou přitom z 95% recyklovatelné. Před-produkční baterie však vydržely v dobré kondici zhruba 100 nabíjecích cyklů. V dnešní době dosahují baterie ZPower až 600 cyklů a to při vybíjení až na 100% hloubky kapacity. Pro tyto baterie budou muset být také připravena specifická zařízení, aby dostatečně využily jejich charakteristiky. Zatím však nebyly zveřejněny výrobní náklady v porovnání s lithium-iontovými bateriemi. Nakonec je zde otázka, jak dobře se budou, potenciálně lepší baterie od ZPower, na trhu vůbec prosazovat.

6.3. Nové technologie lithiových článků

6.3.1. Titanové struktury baterií, dopované silikonovou nanosítí

Nanosítě jsou velmi tenké konstrukce, struktura je podobná pavučině. Tato nanosít je vytvořena ze silicidu titanu (sloučeniny křemíku s elektropozitivnějšími prvky, např. titanem) je potažena silikonovými částicemi. Tato konstrukce je využita na anodové části článku. Kompletní struktura nabízí rychlejší, lehčí a dlouho žijící lithium-iontovou baterii. Struktura nanosítě nabízí jedinečné zesílení, větší povrchovou plochu a skvělou vodivost, díky které je nabíjení a vybíjení 5 až 10 krát lepší než u klasického materiálu lithiové anody, základního komponentu baterií v široké škále spotřební elektroniky. Takový vývoj může být velkým průlomem v rychlosti nabíjení a napětí potřebného k nabití. Titanové nanosítě potažené silikonem prokázaly, že mají výjimečně stálou kapacitu během mnoha nabíjecích a vybíjecích cyklů. Výzkumem se ověřil minimální pokles 0,1% kapacity při cyklování. Tyto hodnoty jsou výtečné, avšak pro každodenní použití v automobilech by musely být nanosítě o 12,5% tenčí a to jen pro 1000 cyklů, pro využití v automobilech je však potřeba 2000 až 4000 cyklů. Pokud se udrží hodnota 0,45% ztráty ze své kapacity za rok, při tak častém cyklování, jedná se o úžasnou technologii. To znamená, že struktura nanosítě může vydržet až 20 let než by kapacita klesla o 10%. Technologie nanosítě je díky zvýšené síle a skvělé životnosti, velkým skokem kupředu, který nabízí skvělý materiál pro anody.

Lithiové baterie se obecně používají ve spotřební elektronice. Tento typ nabíjecích baterií umožňuje iontům lithia pohybovat se mezi elektrodami i při provozu. Jakmile je baterie nabita, ionty se vrátí z katody zpět do anody. Struktura a vodivost nanosítě zlepšuje schopnost vkládat a vyjímat ionty lithia ze zvláštního silikonového obalu. Baterie funguje na nabíjecí/vybíjecí hodnotě 8,4 mA/g, což je zlepšení přibližně 5 až 10 krát než u podobných zařízení. Měrná kapacita materiálu byla vylepšena na více než 1000 mAh/g. Pro porovnání s typickou lithium-iontovou baterií notebooku, které se pohybují v hodnotách 4000 až 12000 mA/h, to znamená, že by byly použity jen 4 až 12 gramů anodového materiálu nanosítě pro zachování stejné kapacity.

Schopnost uchovat krystalické titanovo-silikonové jádro během nabíjení a vybíjení byla hlavním aspektem pro získání tak vysokých výkonů anodového materiálu nanosítě. Dalším cílem výzkumu je použití materiálu i pro katodu. Využití nanosítě u anody je jen prvním krokem, otázka míry využití a ceny bude známa v dohledné budoucnosti. Ve výzkumu je mnoho dalších návrhů pro zlepšení, důležitá je cena použitých materiálů a přirozená stabilita.

6.3.2. Technologie baterií Eamex

Společnost Eamex našla způsob jak zvýšit životnost vysoko kapacitních lithiových baterií, používaných v elektrických automobilech. Nové baterie mohou být nabity a vybity více než 10000 krát, jejich životnost by měla dosáhnout až 20 let.

Hlavním úmyslem je stabilizovat elektrody a předejít poškozování cínu, což dělá baterie odolnými během opakovaného nabíjení. Negativní elektrodu baterie spojuje cínovo-pryskyřicový obal, ve kterém se hromadí ionty lithia přijímané z kladné elektrody. Katoda je tvořena silikonem a cínem, při generování iontů se katoda zvětšuje. Opakované nabíjení a vybíjení ruší vazby mezi částicemi cínu,

což vede k oslabení článku. Avšak technologie Eamexu efektně udržuje spojení mezi těmito částicemi. Lithium-iontové baterie společnosti Eamex by měli mít měrnou hustotu síly až 10000 W/kg. Baterie bude možno užívat v automobilové technice. Eamex slibuje nízkou cenu a uvedení této lithiové baterie koncem roku 2011.

6.3.3. Lithium sírové baterie (Li-S)

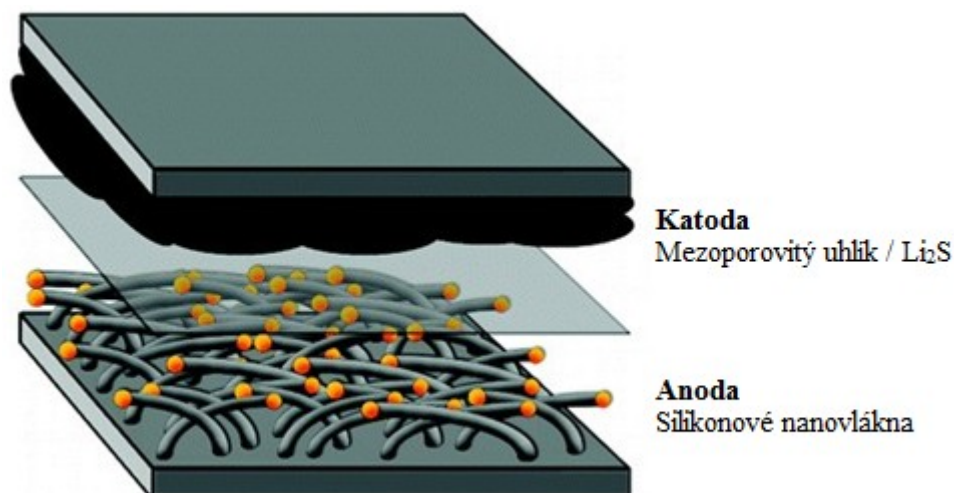
Tyto nabíjecí galvanické články se pyšní svou velkou energetickou hustotou. Díky přednostem, nízké atomové váhy lithia a snížené hmotnosti síry, jsou tyto baterie relativně lehké v poměru hustoty vody. Lithium sírové články mají velkou šanci na úspěch, kvůli jejich vyšší energetické hustotě a nízké ceně síry. Během vybíjení Lithium sírových článků se odděluje lithium od anody a přitom se vtěluje do polysulfidů. Při nabíjení se lithium vrací zpět na nominální anodu. Na rozdíl od klasických lithium-iontových článků, kde jsou ionty předávány mezi anodou a katodou. Důsledkem toho Lithium sírové články mohou nabídnout mnohem větší akumulaci hustotu.

Z experimentálních důvodů se většina baterií konstruuje s uhlíkovou a sírovou katodou a lithiovou anodou. Velkou výhodou materiálu surové síry je dostupnost a nízká cena, ale je nedostatečně vodivý. Uhlíkový povlak na síře poskytuje lepší vodivost. Řešením tohoto problému jsou uhlíkové nanovlákná. Uhlíkový materiál poskytuje efektní vodivé dráhy elektronů a strukturální celistvost. Nevýhodou uhlíkových vláken je vysoká cena. Jedna z hlavních nevýhod většiny Lithium sírových článků jsou přechodné reakce v elektrolytech. Síra je nerozpustná ve většině elektrolytů, kromě polysulfidů. Rozpuštění LiSn v elektrolytu způsobuje nevratné ztráty aktivního materiálu síry. Hlavním cílem výzkumu je nalézt vhodný elektrolyt, ve kterém by se tyto vedlejší reakce omezily na minimum. Kvůli velké energetické hustotě a nelineární vybíjecí/nabíjecí spolehlivosti článku, jsou na baterii zavedeny bezpečnostní obvody a mikrokontrolery, které regulují napětí pro řízení reakcí v článku, aby se předešlo rychlému vybití.

Potvrzená měrná energie Lithium sírových článků je asi 350 Wh/kg, přitom je možné dosáhnout až 600 Wh/kg. Energetická hustota je 350 Wh/l. Počet cyklů je zatím diskutabilní, zatím bylo dosaženo jen 50 cyklů, než baterie úplně ztratila svou kapacitu. Jmenovité napětí článků je nelineární v rozmezí 1,7 až 2,5V během vybíjení. V budoucnosti by měli být baterie upraveny tak, aby poskytovali jmenovité napětí 3V.

Vývoj Lithium sírových baterií

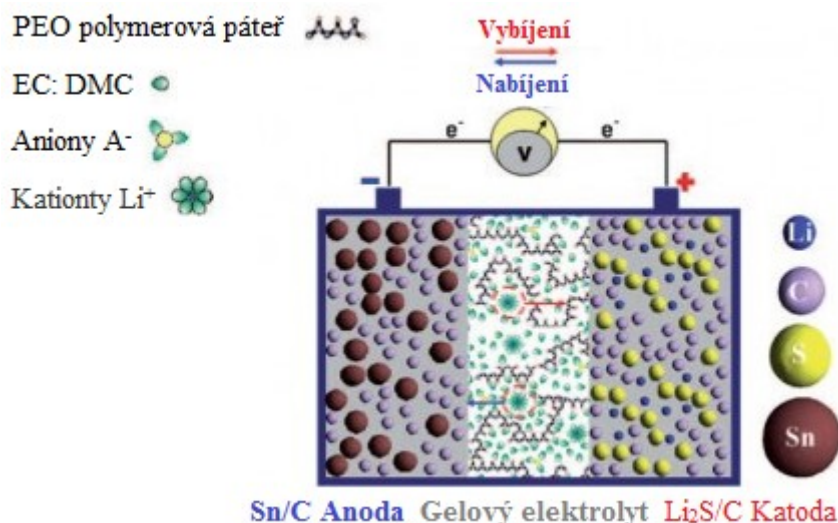
V dnešní době jsou lithiové baterie jedním z hlavních předmětů výzkumu ve zlepšení vlastností akumulátorů. Stanfordská laboratoř vytvořila anodu baterie ve tvaru silikonových vláken, které poskytují silikonový prostor schopný smršťování a rozšiřování bez poškození. Tato úprava vyřešila zvětšování silikonu při nabíjení pozitivně nabitým lithiem a smršťování během vybíjení, kdy měl silikon tendenci se rozměšňovat. V porovnání s dosavadními lithium-iontovými bateriemi je tato technologie mnohem bezpečnější a současně dosahuje o 80% více kapacity, ale velkou nevýhodou je výdrž jen 40 až 50 cyklů, což znamená rychlý pokles kapacity. Stanford však slibuje teoretický čtyřnásobný nárůst kapacity.



Obr. 4 – Sírové elektrody baterie a Nanosilikonové vlákna

Řešením problému s cyklováním by mohla být lithium sulfidová katoda s 10 krát vyšší hustotou síry než u katod konvenčních lithium – iontových baterií. Společně s anodou by mely poskytnout nejméně 4 krát delší životnost a být podstatně bezpečnější než klasické lithium-iontové baterie. Avšak tato nová baterie už neuchová tak velkou kapacitu, protože nová katoda je mnohem méně vodivá, než kovy lithia užívané v konvenčních bateriích. Ztráta kapacity je způsobena polysulfidy, chemikáliemi, které se formují během nabíjení a vybíjení. Jakmile se polysulfidy rozloží do tekutého elektrolytu baterie, mohou polysulfidy otrávit baterii a zabránit dalším nabíjení a vybíjení.

Dalším řešením je vývoj nových polymer cín sírovo lithium-iontových baterií, které si zanechaly vysokou teoretickou měrnou energii a energetickou hustotu ze základních lithium sírových článků. Místo dalších více konvenčních přístupů použití sírové katody a lithiové anody, byla vyvinuta baterie bez kovu lithia, využívá kompozit lithium sulfidu pro katodu a kompozit cínu a uhlíku pro anodu. Rozdíl oproti Li-ion baterií je v užití procesu interkalace pro uložení iontů lithia vkládáním iontů mezi molekuly v elektrodě. Lithium sírové baterie se spoléhá na multi-krokové redoxní reakce síry, u kterých vznikají četné stabilní ionty síry. Tento úložný proces teoreticky redukuje omezení struktury elektrody, tudíž umožňuje využití vyšší kapacity. Hlavní překážkou je vysoká rozpustnost v organickém elektrolytu z polysulfidů během nabíjení i vybíjení. Tato vysoká rozpustnost způsobuje ztrátu aktivní hmoty, což zapříčiňuje malou užitečnost sírové katody a strohý úpadek kapacity během cyklování. Oddělené polysulfidové anionty se přesouvají skrze elektrolyt k lithium kovové anodě, kde se na jejím povrchu mění na nerozpustnou formu, avšak tento proces negativně zasahuje do činnosti baterie.



Obr. 6 – Princip polymer-cín sírové baterie

Tekutý organický elektrolyt byl nahrazen gelovou polymerovou membránou. Jakmile jsou ionty lithia nuceny řídit elektrochemický proces na lithium sírové/uhlíkové katodě, jakýkoliv materiál schopný přijmout a vypustit ionty lithia, může nahradit kov lithia na anodě. V tomto případě byl použit cíno uhlíkový nanokompozit ve váhovém poměru 1:1. Měrná kapacita vylepšené cíno uhlíkové elektrody se shoduje s lithium sírovou/uhlíkovou elektrodou a přitom má vyšší chemickou stabilitu. Chemický proces přechází z přeměny lithium sulfidu na síru s uvolněním iontů lithia, které cestují skrz elektrolyt k anodě, kde se formuje na slitinu s cínem. Kompletní proces cyklování je opačnou reakcí slitiny lithia a cínu s prvky síry pro formování kovu cínu a lithium sulfidu.

Výsledky jsou efektivní v kontrole většiny problémů lithium sírové technologie. Dle výpočtů by tato inovace mohla poskytnout až 1100 Wh/kg měrné energie. Tato technologie má pro praktické využití před sebou ještě dlouhou cestu, je třeba optimalizovat morfologii elektrod, strukturu článku potřebnou pro další zlepšení životnosti cyklování a míry kapacity.

6.3.4. Valence - vyspělé energetické systémy (U Charge® - LiFeMgPO₄ baterie)

Technologie Valence je světový lídr ve vývoji a výrobě bezpečných, s dlouhou životností, lithium železo magnesium fosfát, vyspělých akumulátorů s integrovanými povely a řídicí logikou. Valence poskytuje několik světových inovativních a příznivých aplikací, známých v komerčních elektrických vozidlech, průmyslových a vojenských zařízeních. LiFeMgPO₄ provedení poskytuje mnoho výhodných řešení pro komerční a průmyslové aplikace. Tato baterie je vysoce stabilní při přebíjení nebo při zkratech, také schopně odolává vyšším teplotám než oxidy lithia. Valence užívá válcové kovové pouzdra článků pro všechny produkty s technologií U Charge®.

Jádrem Valence U Charge® technologie je kombinace lithia, železa, magnesia a fosfátu. Tato kombinace jednotlivých složek tvoří technologicky výhodný a bezpečný materiál pro kladnou elektrodu lithiového akumulátoru. Tento materiál je vysoce odolný vůči uvolňování kyslíku, to znamená, že je zabráněno exotermickým dějům během zahřívání článku. Redukční napětí je

dostatečně nízké, tak aby nedocházelo k rozkladu elektrolytu, což zajišťuje vysokou životnost článku. Materiál pro katodu je zhotoven speciální všestrannou metodou, takzvanou uhlíko-termální redukcí (Carbothermal reduction CTR). Tento proces vytvářející LiFeMgPO_4 katodový prášek, je velmi efektivní a stabilní, přitom relativně levný. Díky uhlíko-termální redukce má katodový prášek stálou a dlouho trvající vodivost, je také mnohem snadnější jej ukládat do článků. Uhlíko-termální redukce také umožňuje efektně převést Fe^{3+} na Fe^{2+} , který se užívá v LiFeMgPO_4 prášku. Využívá reakcí oxidace uhlíku na rozdělení oxidu železa pro snížení oxidačního stavu. Při redukci oxidu železa uhlíkem vznikají vazby mezi zbývajícím uhlíkem a železem. Tyto pevné vazby poskytují lepší vodivost a celkové provedení katodového prášku pro jakékoliv řešení úschovy energie.

V případě proražení nebo zkratu LiFeMgPO_4 článku, víceméně nedochází k tepelným ztrátám, jako tomu je u lithiium železo oxid článků. Proražení nebo zkraty u lithiium železo oxid článků způsobí zahřívání, tvorbu kyslíkových vazeb náchylných k rozbití, při uvolnění kyslíku a tepelných ztrátách. To zapříčiňuje vznícení s teplotou až 1000 stupňů a trvalé samozničení. Přidání fosfátu do katodového materiálu dovoluje vyšší tepelné ztráty při mnohem nižší teploty v článku.

Články LiFeMgPO_4 se mohou pyšnit vysokou kapacitou, lepším uchováním energie, spolehlivostí, životností při hlubokém cyklování (až 100% hloubky při vybíjení), nízkou vahou, rychlým nabíjením a malou závadností vůči životnímu prostředí. LiFeMgPO_4 článek poskytuje 3 až 4 delší životnost při cyklování, než lithiium kobaltové články. U Charge® baterie jsou o 33% lehčí než olověné články a také mají dvojnásobnou dobu provozu.

7. Zhodnocení a porovnání stávajících akumulátorů s novými technologiemi

Článek	Katoda	Anoda	Elektrolyt (ve vodném roztoku)
Pb	oxid olovičitý (PbO_2)	houbovitě olovo (Pb)	kyselina sírová (H_2SO_4)
Čisté Pb	čisté olovo	oxid olovičitý (PbO_2)	kyselina sírová (H_2SO_4)
NiCd	oxid-hydroxidu niklitého $\text{NiO}(\text{OH})$	kadmium Cd	hydroxid draselný (KOH)
NiMH	oxid-hydroxidu niklitého $\text{NiO}(\text{OH})$	slitiny kovů (Ni, Co, Mn, Al, atd.)	hydroxid draselný (KOH)
NiFe	oxid-hydroxidu niklitého $\text{NiO}(\text{OH})$	železo (Fe)	hydroxid draselný (KOH)
NiZn	nikl (Ni)	zinek (Zn)	hydroxid draselný (KOH)
AgZn	oxid stříbrný	zinek (Zn)	hydroxid sodný (NaOH), nebo (KOH)
Li-Ion	oxid lithný (Li_2O)	uhlík (C)	Chlorid Lithný v organickém rozpouštědle (LiCl)
Li-Pol	oxid lithný (Li_2O)	uhlík (C)	Chlorid Lithný v polymerových vláknech (LiCl)
Li-FePO ₄ (LFP)	LiFePO_4	uhlík (C)	Chlorid Lithný v organickém rozpouštědle (LiCl)
Na-S	síra v obalu z inertního kovu	tekutý sodík v uhlíkové houbě	pevný beta-hliníkový (BASE)
Li-S	Li_2S / Mezoporovitý uhlík	Lithium / Silikonové nanovlákná	polysulfidy, gelová polymerová membrána
LiFeMgPO ₄	Lithium, železo, magnesium, fosfát	uhlík (C)	Chlorid Lithný v organickém rozpouštědle (LiCl)

Tab. 1 – Srovnání principů jednotlivých typů akumulátorů

Článek	U_c [V]	e_m [Wh/kg]	e_v [Wh/l]	cyklování
Pb	2	140	240	150
Ciště Pb	2	600	600	300 a více
NiCd	1,2	120	350	1000
NiMH	1,2	30-100	140-300	500 - 700
NiFe	1,2	30-50	30	až 1000
NiZn	1,6	100	280	400 -1000
AgZn	1,55	130	500	300 - 600
Li-Ion	3,6 - 3,7	200	530	500 - 2000
Li-Pol	3,6 - 3,7	130-200	300	1000
Li-FePO ₄ (LFP)	3,6	90	220	2000 - 7000
Na-S	2	400	300	1500
Li-S	3	350-600	350	50
LiFeMgPO ₄	2	89	110-148	až 3000

Tab. 2 – Porovnání základních parametrů akumulátorů (U_c – jmenovité napětí jednoho článku,

e_m – měrná energie, e_v – hustota energie)

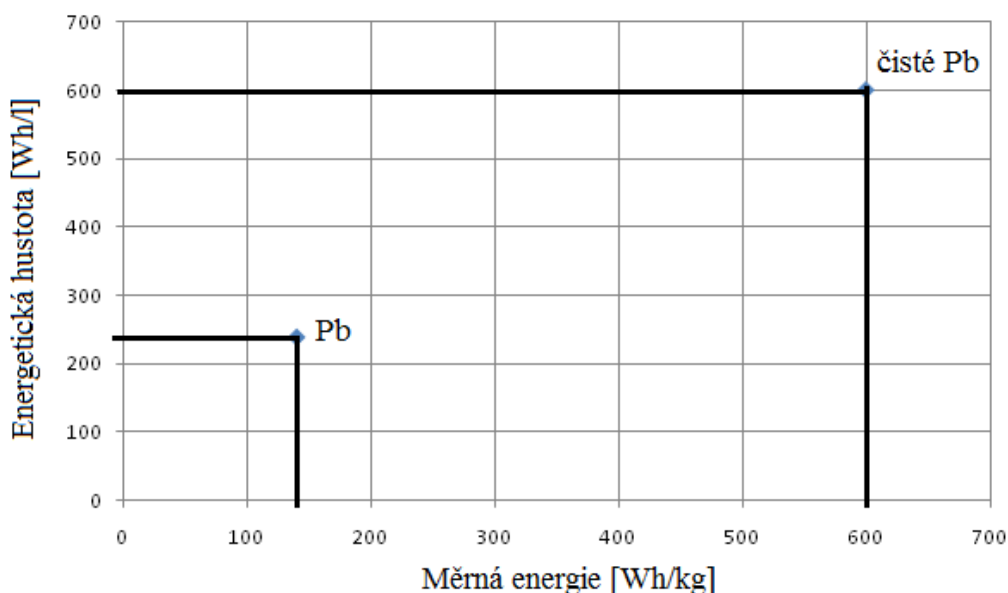
7.1. Olověné akumulátory a jejich nové technologie

Velkou výhodou olověných akumulátorů je jejich vysoký výkon za relativně nízkou cenu, díky lehce dostupnému olovu. Avšak, problémem těchto baterií je poměrně velké samovybíjení bez připojení k elektrickému proudu. U starších typů olověných akumulátorů šlo až o 30% za měsíc, u moderních typů se tato nevýhoda snížila až na 3% za měsíc. Tudiž je hlavní nevýhodou olověného akumulátoru jejich poměrně krátká životnost, která je způsobená sulfatací, ke které dochází právě díky již zmíněného samovybíjení. Tyto vlastnosti si vyžadují u tohoto typu akumulátorů velmi dobré zacházení a nutnou údržbu.

Nové generace olověných akumulátorů překonávají vlastnosti dosavadních typů, pyšní se mnohem vyšší životností, větší odolností a lepšími proudovými vlastnostmi. Využívají mnoho nových technologií ve svých provedeních, například použití téměř čistého olova, Spiralcell Technology™

(technologie stočených elektrod), AGM (elektrolyt nasáknutý ve skelném vlákne), díky kterým je akumulátor mnohem odolnější vůči otřesům a je možné jej využívat v extrémních podmínkách. Hlavní předností použití těchto technologií je možnost extrémního namáhání při vybíjení i nabíjení, výrazně rychleji se nabíjejí, jelikož snáze přijímají a vydávají elektrickou energii. Díky použití čistého olova, s minimálním obsahem cínu v příměsi, mohou elektrody nabídnout skvělou vodivost, nízký vnitřní odpor a možnost hlubokého vybíjení na téměř 100%. Dalším vylepšením je použití ventilů VRLA, které umožňuje uvolnění nadbytečných plynů z akumulátoru.

Olověné akumulátory se hojně využívají hlavně v automobilové technice. V této oblasti je kladen důraz hlavně na odolnost a zamezení samovybíjení. Jelikož se jedná o startovací baterie, musí dodávat obrovské startovací proudy. U starších typů akumulátorů docházelo při opakovaném hlubokém vybíjení ke ztrátě kapacity, avšak tyto nové generace akumulátorů s použitým čistým olovem dovolují hluboké vybíjení bez ztrát a přitom jsou schopné dodat dostatečný proud. Takto vylepšené akumulátory jsou vhodné pro použití v elektromobilech a v nových hybridních systémech.



Obr. 7 – Porovnání klasických olověných článků a článků z čistého olova

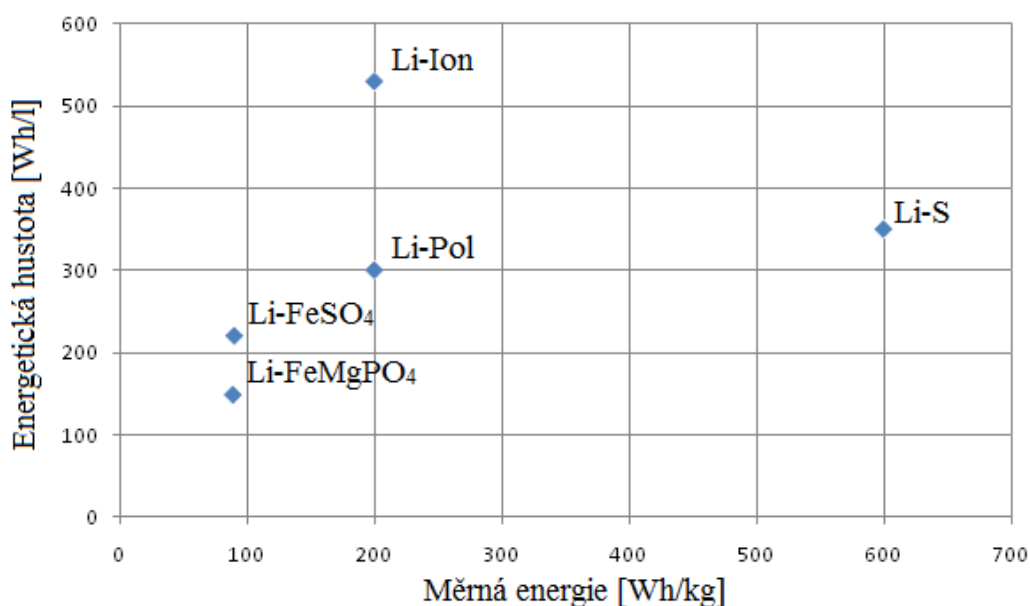
7.2. Lithiové akumulátory

Lithiové akumulátory jsou v dnešní době asi nejpoužívanější články ve spotřební elektronice a také asi největším terčem výzkumu pro jejich zlepšení. Klasické lithiové články se mohou pyšnit svou energetickou hustotou, vysokou kapacitou, velkou výkonností, vysokou teplotou při používání (může dojít k explozím) a postupným ztrácením své kapacity již od výroby, avšak mnohem menším než u klasických olověných článků. Stejně jako olověné akumulátory a jiné články, je třeba pravidelně dobíjet i lithiové baterie, aby nedošlo k překročení jejich prahového napětí. Lithiové akumulátory používají během cyklů elektrické ochrany jednotlivých článků (Omezovače a balancéry napětí).

Jejich kladné vlastnosti jsou důvodem, proč jsou lithiové články hlavním předmětem ve výzkumu akumulátorů. Proto již dnes existuje mnoho druhů lithiových akumulátorů, jako je Li-ion,

Li-pol, Li-FePO₄, nově i Li -FeMgPO₄ a Li-S, které jsou stále ve vývinu mnoho dalších technologií. Důvodem stálého vývinu lithiových baterií je zvýšení výkonu a zamezení snižování kapacity článků.

Jednou z nových technologií jsou titanové struktury článků se silikonovou nanosítí. Použití nanosítě u anody poskytuje skvělou vodivost, až 10x lepší nabíjení a vybíjení než u klasických lithiových článků, stálou kapacitu (pokles 0,5% za rok), také měrná kapacita je vyšší než 1000mAh/g. Otázkou u této technologie je cena a využití. Oproti tomu je síra, u lithium-sírových baterií, mnohem dostupnější než titan. Li-S články mají velkou energetickou hustotu, 10x vyšší hustotu síly, až 4x delší životnost, bezpečnější než Li-Ion články, díky uhlíkem potažené síře mají i skvělou vodivost a strukturální celistvost. Parametry této baterie jsou vynikající, však největší nevýhodou je nízký počet cyklů, proto je hlavním cílem výzkumu výběr elektrolytu v akumulátoru a optimalizace morfologie elektrod. Li-S články jsou stále ve vývinu, teoreticky můžeme očekávat jejich nástup na trh během dvou let.



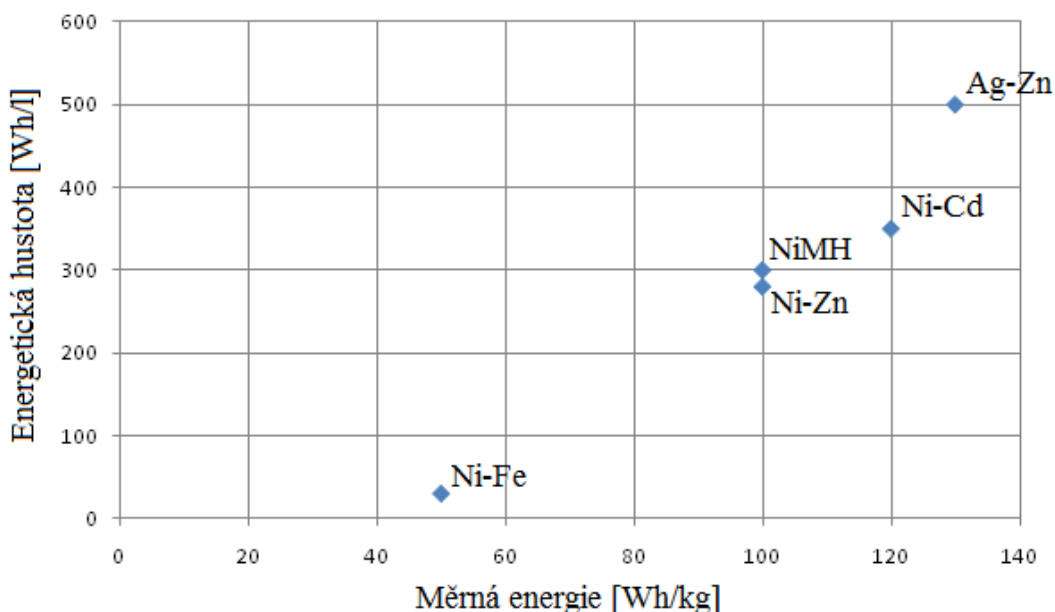
Obr. 8 – Porovnání lithiových baterií

7.3. Niklové a zinkové akumulátory

Akumulátory na bázi niklu, jsou až na pár výjimek, především primární články (nenabíjíitelné), oproti olověným a lithiovým článkům, které jsou nabíjíitelné. Mezi hlavní výhody niklových článků patří dobrá odolnost vůči hlubokému vybití, dlouhá životnost (až 20 let) a relativně nízká cena. Nevýhodou je oproti lithiovým článkům, jejich nižší měrná kapacita, negativní dopad na životní prostředí a omezení jmenovitého napětí na 1,2-1,6V. Niklové baterie se postupem času stále zlepšují, zvýšilo se jejich jmenovité napětí, zlepšila se i recyklovatelnost a hlavním zlepšením je možnost nabíjení. Mezi druhy niklových článků patří nikl-kadmiové (NiCd), nikl-metal hydridové (NiMH), nikl-železné (Ni-Fe), nikl-zinkové (Ni-Zn) a v dnešní době asi nejvíce diskutované stříbro-zinkové (Ag-Zn).

Ačkoliv lithiové články už nahradily v mnoha aplikacích stříbro-zinkové akumulátory, nová generace těchto článků mohou nabídnout až o 40% vyšší kapacitu než lithiové. Jejich vysoká energetická hustota zaručuje vysokou flexibilitu pro použití v komerční elektronice. Avšak dosavadní otázkou nakolik to bude výhodné, jelikož stříbro není levným kovem. V dnešní době kdy se užívají v miniaturních podobách, které neobsahují velké množství stříbra, jsou relativně levnou záležitostí.

Tyto baterie jsou velmi rozsáhle užity v mnoha aplikacích, jak v komerční elektronice, těžebním průmyslu, vojenské oblasti, tak v automobilové technice, kde se v dnešní době využívají hlavně nikl-metal hydridové akumulátory. Z hlediska výhod stříbro-zinkových akumulátorů, je možné jejich velké využití například v hybridních systémech automobilů, to je však pohled do budoucnosti několika let.



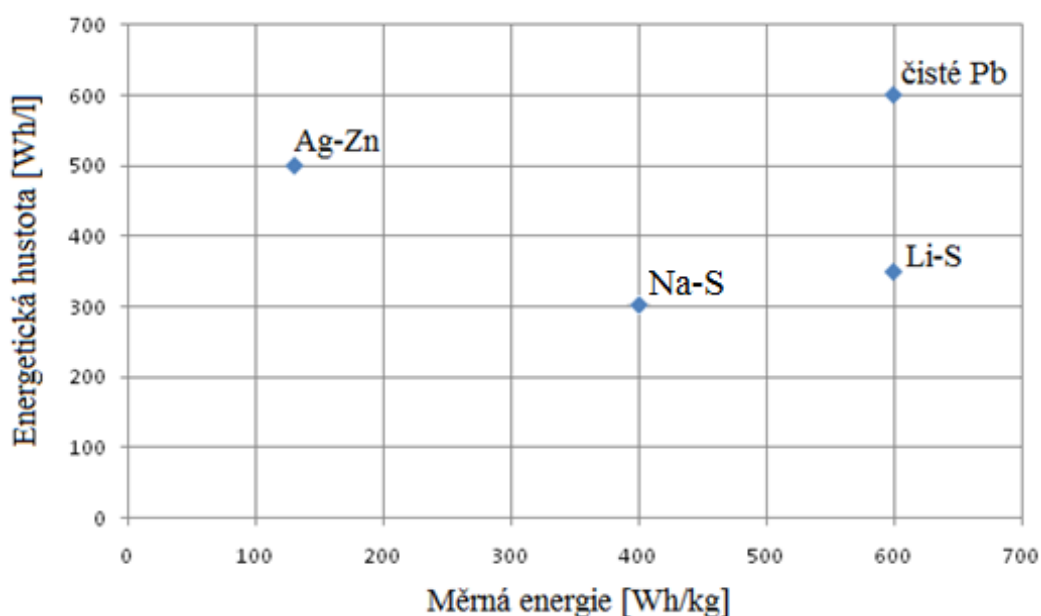
Obr. 9 – Porovnání niklových a zinkových baterií

7.4. Celkové zhodnocení

Olověné akumulátory jsou vhodné pro stabilní prostředí, jelikož jsou málo odolné vůči otřesům, a mají relativně krátkou životnost, to však zlepšuje schopnost dodat vysoký proud a nízká cena. Nové technologie olověných akumulátorů tyto vlastnosti posouvají o krok dále a zlepšili se tak jejich negativní vlastnosti. Takový sodíkovo-sírový akumulátor se pyšní skvělými parametry, avšak je konstrukčně náročný, náchylný na vlhkost a málo odolný vůči vysokým teplotám. Akumulátory na bázi zinku a niklu vynikají svou vysokou hustotou energie v poměru k životnosti, což umožňuje vytvářet miniaturní velmi odolná provedení akumulátorů. Oproti tomu jsou schopné dodat pouze 1,2V jmenovitého napětí, až na výjimky, jako jsou moderní stříbro-zinkové články, které dodají až 1,6V a to při mnohem vyšší energetické hustotě a kapacitě. Lithiové akumulátory a jejich nové technologie, jsou na dobré cestě je nahradit. Mají dlouhou životnost, poměrně dobrou energetickou hustotu a hlavně vyšší jmenovité napětí až 3,7V, ovšem nejsou tak odolné a jsou dražší.

Každý jednotlivý typ akumulátoru je tedy vhodný pro jiné aplikace, ve kterých využije své přednosti, proto je nutné dobře zvážit, pro jaké využití akumulátory potřebujeme a za jakou cenu. Zprvu se zdá, že je lepší využít nových technologií a principů u jakéhokoliv typu akumulátoru, avšak není dáno, že novější typy jsou lepší než dobře známé a osvědčené akumulátory. Dostupné prozatím informace o nastupujících akumulátorech, nebo jejich nových provedeních však nasvědčují tomu, že v brzké době vystoupí na trh články s opravdu revolučními zlepšeními jejich vlastností a to zejména v technice lithiových článků. Je tedy otázkou času než lithiové články nahradí ostatní typy akumulátorů. To je však pohled do budoucnosti.

V dnešní době techniky akumulace elektrické energie se na trhu vyjímají olověné akumulátory na bázi čistého olova a dalších nových technických vylepšení, které stavějí tyto akumulátory do mnohem vyšší třídy, než jsou klasické olověné články. Tento typ se však využívá ve větších provedeních, například jako startovací baterie do automobilů. Jako zástupce menších provedení, například pro mobilní zařízení, jsou díky svým výborným parametrům nejvhodnější lithiové baterie, které dle mého názoru, nemají prozatím žádnou konkurenci, jak ve spotřební elektronice, tak v automobilovém průmyslu (např. hybridní technologie).



Obr. 10 – Porovnání nových technologií a principů akumulátorů

8. Závěr

Tato bakalářská práce je rešerší všech dostupných informací o stávajících akumulátorech a vývoji techniky akumulace elektrické energie.

Hlavním cílem bylo nalézt dostupné informace o tomto tématu, jak v literárních pramenech, tak na celosvětovém internetu a poté je zhodnotit.

Díky této práci jsem se obeznámil s mnoha zajímavými články o technice akumulace elektrické energie, o jejím vývoji a budoucnosti již zavedených principů a technologiích. Uvedl jsem však jen ty nejpoužívanější typy akumulátorů a nejzajímavější nové technologie, které mají reálnou šanci na své uvedení na trh, nebo již uvedené jsou. Všechny tyto informace jsem podrobil stručné analýze, následně porovnal a zhodnotil, tak aby bylo možné určit jaký typ akumulátoru zvolit, pro určitý typ aplikace.

Použitá literatura

- [1] MAREK, J; STEHLÍK, L. *Hermetické akumulátory v praxi*. [s.l.] : [s.n.], 2004. 142 s. ISBN 80-86230-34-1.
- [2] *Akumulátory* [online]. 2004 [cit. 2011-04-19]. Mo-na-ko.net. Dostupné z WWW: <http://www.mo-na-ko.net/ruzne_acupack.htm>.
- [3] *Akumulátory* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Akumul%C3%A1tor>>.
- [4] *Galvanický článek* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Battex.info. Dostupné z WWW: <<http://www.battex.info/slovnicek-a-pojmy/galvanick%C3%BD+%C4%8DI%C3%A1nek>>.
- [5] *Galvanický článek* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Galvanick%C3%BD_%C4%8DI%C3%A1nek>.
- [6] *Omezovač napětí pro nabíjení Lipolek* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Mhservis.cz . Dostupné z WWW: <<http://www.mhservis.cz/hranol/view.php?navezclanku=omezovac-napeti-pro-nabijeni-lipolek-%85&cislocclanku=2011010003>>.
- [7] *Olověný akumulátor* [on-line]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Olov%C4%9Bn%C3%BD_akumul%C3%A1tor>.
- [8] DOC. ING.HAMMERBAUER, PH.D., Jiří. *Galvanické články* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2006 [cit. 2011-04-19]. Olověné akumulátory, s. . Dostupné z WWW: <<http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf>>.
- [9] *Ni-Zn akumulátory* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.battex.info/elektricke-akumulatory-obecne/hermeticke-akumulatory/ni-zn-akumulatory>>.
- [10] *Nickel-zinc battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel-zinc_battery>.
- [11] *Nickel-cadmium battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <Galvanický článek [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Battex.info. Dostupné z WWW: .>
- [12] *NiCd akumulátory* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Battex.info. Dostupné z WWW: <<http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/nicd-akumulatory>>.
- [13] *Nickel-metal hydride battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel-metal_hydride_battery>.
- [14] *NiMH akumulátory* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Battex.info. Dostupné z WWW: <<http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/nimh-akumulatory>>.

- [15] *Nickel Iron Battery* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Nickel-iron-battery.com. Dostupné z WWW: <<http://www.nickel-iron-battery.com/>>.
- [16] *Akumulátorová baterie oxid nikelnatý-železo* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Battex.info. Dostupné z WWW: <<http://www.battex.info/slovnicek-a-pojmy/akumul%C3%A1torov%C3%A1+baterie+oxid+nikelnat%C3%BD-%C5%BEelezo>>.
- [17] *Silver-zinc (Ag-Zn)* [online]. 2007 [cit. 2011-04-19]. Saftbatteries.com. Dostupné z WWW: <http://www.saftbatteries.com/Technologies_Silver_AgZn_333/Default.aspx>.
- [18] *[Silver oxide]* [online]. 2009 [cit. 2011-04-19]. Duracell.com. Dostupné z WWW: <<http://www1.duracell.com/procell/chemistries/silver.asp>>.
- [19] *Silver-oxide battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Silver-oxide_battery>.
- [20] *Sodium-sulfur battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-sulfur_battery>.
- [21] *AEP DEDICATES FIRST U.S. USE OF STATIONARY SODIUM SULFUR BATTERY* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Aep.com. Dostupné z WWW: <<http://www.aep.com/newsroom/newsreleases/default.aspx?dbcommand=displayrelease&ID=956>>.
- [22] *About Sodium-Sulfur (NaS) Batteries* [online]. 2006 [cit. 2011-04-19]. Thefraserdomain.typepad.com. Dostupné z WWW: <http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2006/01/sodiumsulfur_na.html>.
- [23] *Lithium-železo-fosfátový akumulátor* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-%C5%BEelezo-fosf%C3%A1tov%C3%BD_akumul%C3%A1tor>.
- [24] *LITHIUM IRON PHOSPHATE* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Hardingenergy.com. Dostupné z WWW: <<http://www.hardingenergy.com/index.php/lithiumironphosphate>>.
- [25] *Lithium-ion battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery>.
- [26] *Používání Li-Ion akumulátorů v praxi* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Battex.info. Dostupné z WWW: <<http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/li-akumulatory/pouzivani-li-ion-akumulatoru-v-praxi>>.
- [27] *Akumulátory Li-ion a jejich nabíjení* [online]. 2001 [cit. 2011-04-19]. Belza.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.belza.cz/charge/liion1.htm>>.
- [28] *Lithium-ion polymer battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_polymer_battery>.

- [29] *Lithium Polymer Batteries from PowerStream* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Powerstream.com. Lithium Polymer Batteries from PowerStream. Dostupné z WWW: <<http://www.powerstream.com/li-pol.htm>>.
- [30] *Autobaterie OPTIMA* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Baterieoptima.cz . Dostupné z WWW: <<http://www.baterieoptima.cz/baterie-optima-technologie.html>>.
- [31] *Zpower* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Zpowerbattery.com. Dostupné z WWW: <<http://www.zpowerbattery.com/>>.
- [32] *Laptops May Get More Battery Life From Silver-zinc* [online]. 2008 [cit. 2011-04-19]. Pcworldl.com. Dostupné z WWW: <http://www.pcworld.com/businesscenter/article/145405/laptops_may_get_more_battery_life_from_silverzinc.html>.
- [33] *New technology extends lithium-ion battery life* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Crunchgear.com. Dostupné z WWW: <<http://www.crunchgear.com/2010/02/04/new-technology-extends-lithium-ion-battery-life/>>.
- [34] *Advanced Energy Systems* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Valence.com. Dostupné z WWW: <<http://valence.com/>>.
- [35] *Stanford develops safer lithium-sulfur batteries with four times the charge of lithium-ion cells* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Engadget.com. Dostupné z WWW: <<http://www.engadget.com/2010/03/14/stanford-develops-safer-lithium-sulfur-batteries-with-four-times/>>.
- [36] *A Better Lithium Ion Battery Technology* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Newenergyandfuel.com. Dostupné z WWW: <<http://newenergyandfuel.com/http://newenergyandfuel.com/2010/02/18/a-better-lithium-ion-battery-technology/>>.
- [37] *Lithium sulfur battery* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Wikipedia.org. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_sulfur_battery>.
- [38] *The future is bright. The future is electric* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Oxisenergy.com. Dostupné z WWW: <<http://www.oxisenergy.com/>>.
- [39] *Technology Overview* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Sionpower.com. Dostupné z WWW: <<http://sionpower.com/technology.html>>.
- [40] *Advanced lithium battery technology* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Polyplus.com. Dostupné z WWW: <<http://polyplus.com/lisulfur.html>>.
- [41] *Lithium Sulfur Battery Progress* [online]. 2010 [cit. 2011-04-19]. Newenergyandfuel.com. Dostupné z WWW: <<http://newenergyandfuel.com/http://newenergyandfuel.com/2010/03/18/lithium-sulfur-battery-progress/>>.